

# Karakterisasi Penciri Spektral Biji Kopi Mentah Biasa dan Biji Kopi Mentah Luwak dengan *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS)

Nufiqurakhmah<sup>1</sup>, Aulia M. T. Nasution.<sup>2</sup>, Hery Suyanto<sup>3</sup>

<sup>1),2)</sup>Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, <sup>3)</sup>Laboratorium Optik, FMIPA Universitas Udayana

<sup>1)</sup>Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111, <sup>3)</sup>Jimbaran, Bali, Indonesia

<sup>1</sup>nufiqurakhmah@gmail.com

**Abstrak**—Kopi luwak adalah kopi khas Indonesia yang berasal dari buah kopi yang dimakan oleh luwak (*Paradoxurus Hermaphroditus*) dan bijinya dikeluarkan bersama kotorannya dalam bentuk biji HS (*hard skin*). Kopi ini merupakan kopi termahal di dunia sehingga penentuan kualitas menjadi sangat penting. Selama ini penentuan kualitas kopi masih dilakukan oleh pencicip kopi sehingga bersifat subjektif. *Laser-induced breakdown spectroscopy* (LIBS) adalah metode spektroskopi atomik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kandungan unsur biji kopi biasa dan biji kopi luwak berdasarkan karakter spektralnya. Pada penelitian ini digunakan pada 6 pasang sampel biji kopi mentah biasa dan luwak dari wilayah Jawa Timur untuk dianalisis dengan LIBS. Pengolahan data LIBS dilakukan dengan perhitungan pada luas area daerah yang terdapat puncak. Metode rasio intensitas diterapkan dengan membandingkan unsur – unsur N, H, dan O sebagai unsur penting penyusun senyawa pada kopi dengan unsur utama. Hasil perbandingan diperoleh nilai rasio intensitas luwak lebih tinggi dengan nilai kenaikan 0,03% - 79,93%. *Discriminant Function Analysis* (DFA) juga diterapkan untuk mengidentifikasi unsur yang mencirikan biji kopi mentah biasa dan biji kopi mentah luwak. Untuk penciri biji kopi mentah biasa dan luwak arabika digunakan unsur - unsur Ca, W, Sr, Mg, dan H, sedangkan untuk penciri biji kopi mentah robusta digunakan unsur – unsur Ca dan W.

**Kata Kunci**—Biji kopi mentah, kopi luwak, LIBS, unsur penting, spektral.

## I. PENDAHULUAN

**K**OPI (*coffea sp.*) merupakan salah satu minuman yang paling banyak dikonsumsi di dunia. Berdasarkan data International Coffee Organization (ICO) konsumsi kopi meningkat rata-rata 2,4% sejak 2011. Hal ini menunjukkan kopi termasuk salah satu komoditas penting dalam dunia perdagangan. Kopi tercatat sebagai komoditas dagang terbesar kedua di dunia setelah minyak. Indonesia tercatat sebagai negara produksi dan eksportir kopi terbesar keempat di dunia setelah Brazil, Vietnam, dan Colombia.

Kopi terdiri dari beberapa jenis, diantaranya robusta (*canephora*) dan arabika (*arabica*) yang paling banyak dikonsumsi di dunia. Sebelum dapat dikonsumsi menjadi minuman, kopi mengalami proses yang cukup panjang. Dimulai dari pemanenan, fermentasi, pengeringan, penyangraian dengan derajat dan waktu yang bervariasi,

sampai penggilingan menjadi bubuk kopi. Variasi proses pengolahan kopi ini menentukan kualitas yang dihasilkan.

Di Indonesia, terdapat salah satu jenis kopi yang termasuk kopi termahal di dunia, yaitu kopi luwak. Kopi luwak berasal dari buah kopi yang dicerna oleh luwak dan bijinya dikeluarkan bersama kotorannya dalam bentuk biji HS (*hard skin*). Di dalam perut luwak terdapat enzim tertentu yang menyebabkan terjadinya proses enzimatik untuk memecah protein serta membantu proses fermentasi singkat pada biji kopi. Hal ini berpengaruh pada kandungan maupun komposisi unsur yang muncul selama proses pencernaan di dalam perut luwak sehingga menghasilkan cita rasa yang unik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kopi luwak memiliki karakter yang berbeda dengan kopi biasa secara fisik [4], cita rasa [5], serta komposisi kimia dan nilai sensorinya [6].

Kopi mengandung kafein ( $C_8H_{10}N_4O_2$ ), trigonelin ( $C_7H_7NO_2$ ), asam klorogenat ( $C_{16}H_{18}O_9$ ), asam amino ( $COOH-R-NH_2$ ), peptida ( $-CO-NH-$ ), asam sitrat ( $C_6H_8O_7$ ), asam malat ( $C_4H_6O_5$ ) [3], dan senyawa lainnya yang menentukan cita rasa dan aroma kopi. Komposisi kandungan kopi ini sangat kompleks sehingga sulit untuk menentukan kandungan khas yang mencirikan kualitas kopi. Selama ini, penentuan kualitas kopi terkait rasa dan aromanya masih bergantung pada seorang *tester* atau orang yang bertugas mencicipi kopi sehingga bersifat subjektif. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan komposisi kandungan kopi sehingga kualitas kopi dapat terstandarkan. Salah satu teknik yang dapat digunakan adalah teknik spektroskopi, yaitu teknik yang dilakukan dengan menginteraksikan cahaya dengan objek (kopi) sehingga diperoleh informasi spektralnya.

*Laser induced breakdown spectroscopy* (LIBS) adalah spektroskopi emisi atom yang menggunakan laser pulsa sebagai sumber eksitasi. Laser difokuskan untuk menghasilkan plasma yang mengatomisasi sampel menjadi bagian-bagian yang sangat kecil [1,7]. Berbagai jenis material seperti padatan, cairan, dan gas dapat dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif dengan menggunakan LIBS. Metode LIBS memiliki keunggulan, diantaranya memiliki sensitivitas yang tinggi, penggunaan sampel sedikit serta tidak perlu dilakukan *pre-treatment* [2, 7]. LIBS juga dapat digunakan untuk identifikasi unsur dari sampel yang sangat kekerasan seperti keramik dan super-konduktor [8]. Metode ini banyak diaplikasikan pada

berbagai bidang, salah satunya bidang teknologi pangan untuk mengidentifikasi unsur kimia penyusun suatu bahan.

Pada penelitian ini dilakukan identifikasi kandungan biji kopi dari dua proses berbeda untuk jenis kopi robusta dan arabika. Kopi yang dijadikan sampel uji adalah biji kopi hijau (*green bean*) yang telah dikeringkan dari proses biasa dibandingkan dengan biji kopi yang telah dicerna oleh luwak. Perlakuan proses yang berbeda berpengaruh terhadap cita rasa dan kualitas kopi akibat perbedaan komposisi kandungannya. Komposisi kandungan kopi ditampilkan dalam bentuk spektra emisi atom dengan teknik LIBS. Teknik ini berfungsi memetakan spektral yang mencirikan unsur-unsur yang berpengaruh terhadap cita rasa dan aroma kopi. Informasi unsur biji kopi mentah diperoleh dengan perangkat AddLIBS. Sementara pengolahan data secara statistik dilakukan dengan beberapa perangkat lunak, yaitu Microsoft Excel, Origin, dan SPSS.

Hasil pembacaan spektral digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan kandungan unsur-unsur pembentuk senyawa pada biji kopi mentah biasa dan biji kopi mentah luwak. Identifikasi unsur difokuskan pada unsur N, H, dan O yang merupakan unsur utama penyusun senyawa pada kopi. Ketiga unsur utama tersebut selanjutnya dibandingkan dengan unsur Ca yang merupakan unsur utama yang mencolok pada biji kopi dengan metode rasio intensitas. Metode *Discriminant Function Analysis* (DFA) juga diterapkan untuk mengidentifikasi unsur yang mencirikan biji kopi mentah biasa dan biji kopi mentah luwak.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Pengumpulan Sampel Biji Kopi Mentah

Biji kopi mentah yang digunakan sebagai sampel diperoleh dari lima produsen di wilayah Jawa Timur, yaitu Pasuruan, Malang, dan Bondowoso. Adapun jenis yang digunakan yaitu jenis arabika dan robusta, dengan perincian sesuai pada Tabel 1.

Tabel 1  
Asal Sampel Biji Kopi Mentah Biasa dan Luwak

Jenis Kopi		Produsen				
		1	2	3	4	5
Arabika	Biasa	√	√	√	√	
	Luwak	√	√	√	√	
Robusta	Biasa				√	√
	Luwak				√	√

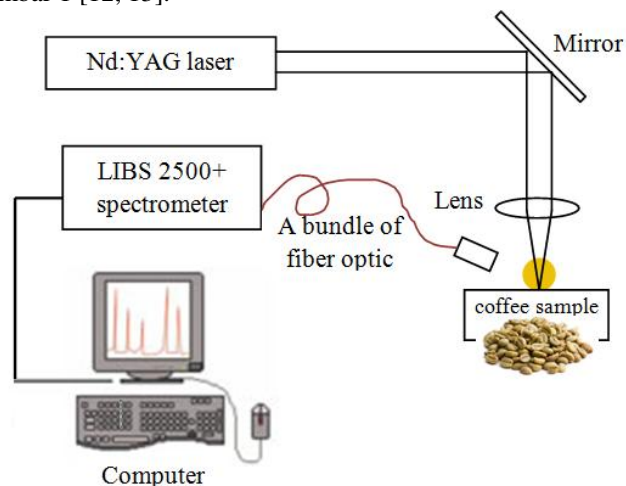
Masing-masing sampel biji kopi mentah biasa dan luwak yang berasal dari produsen yang sama merupakan hasil produksi dari kebun yang sama. Sampel biji kopi biasa merupakan hasil produksi sekitar tahun 2014-2015 yang diproses dengan pengolahan kering. Sementara untuk sampel biji kopi luwak merupakan hasil produksi pada tahun yang sama tetapi untuk Produsen 2 biji kopi mentah luwak merupakan hasil produksi tahun 2011. Luwak yang dimanfaatkan adalah luwak kandang. Adapun kadar air biji kopi mentah berkisar antar 11 – 15%.

### B. Karakterisasi Kondisi Optimum Pengujian

Kondisi optimum sesuai dengan intensitas maksimum dan FWHM (Full Width at Half Maximum) terkecil. Kondisi yang sesuai untuk pengujian sampel kopi didapatkan pada energi 120 mJ, delay time 1  $\mu$ s pada FWHM 0.18, akumulasi 3, dan kondisi lingkungan gas 1 atmosfer.

### C. Pengujian Sampel

Peralatan pengujian dengan LIBS terdiri dari sumber cahaya berupa laser Nd:YAG (model CRF 200 mJ, 1,064 nm, 7 ns) spektrometer Ocean Optik HR2500+, tempat sampel, dan perangkat lunak OOILIBS. Laser dengan frekuensi 5 Hz difokuskan pada sampel melalui lensa cembung dengan panjang fokus 10 cm sehingga untuk menghasilkan plasma. Emisi radiasi unsur dianalisis oleh detektor multikanal optik CCD 14,336 pixels pada rentang panjang gelombang 200-980 nm dan resolusi 0,1 nm (LIBS and User Guide, 2009). Susunan rangkaian komponen pengujian sesuai dengan Gambar 1 [12, 13].



Gambar 1. Sistem Pengujian dengan LIBS

Sampel biji kopi dipilih secara acak dan diletakkan pada tempat sampel pada alat pengujian yang tertutup rapat untuk menghindari cahaya dari luar yang mungkin akan berpengaruh pada hasil pengujian. Pengujian dilakukan secara acak, pada 3 variasi posisi berbeda.

### D. Pengolahan Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian LIBS berupa grafik intensitas emisi terhadap panjang gelombang. Digunakan software AddLIBS untuk menganalisis unsur dan data divalidasi dengan tabel NIST.

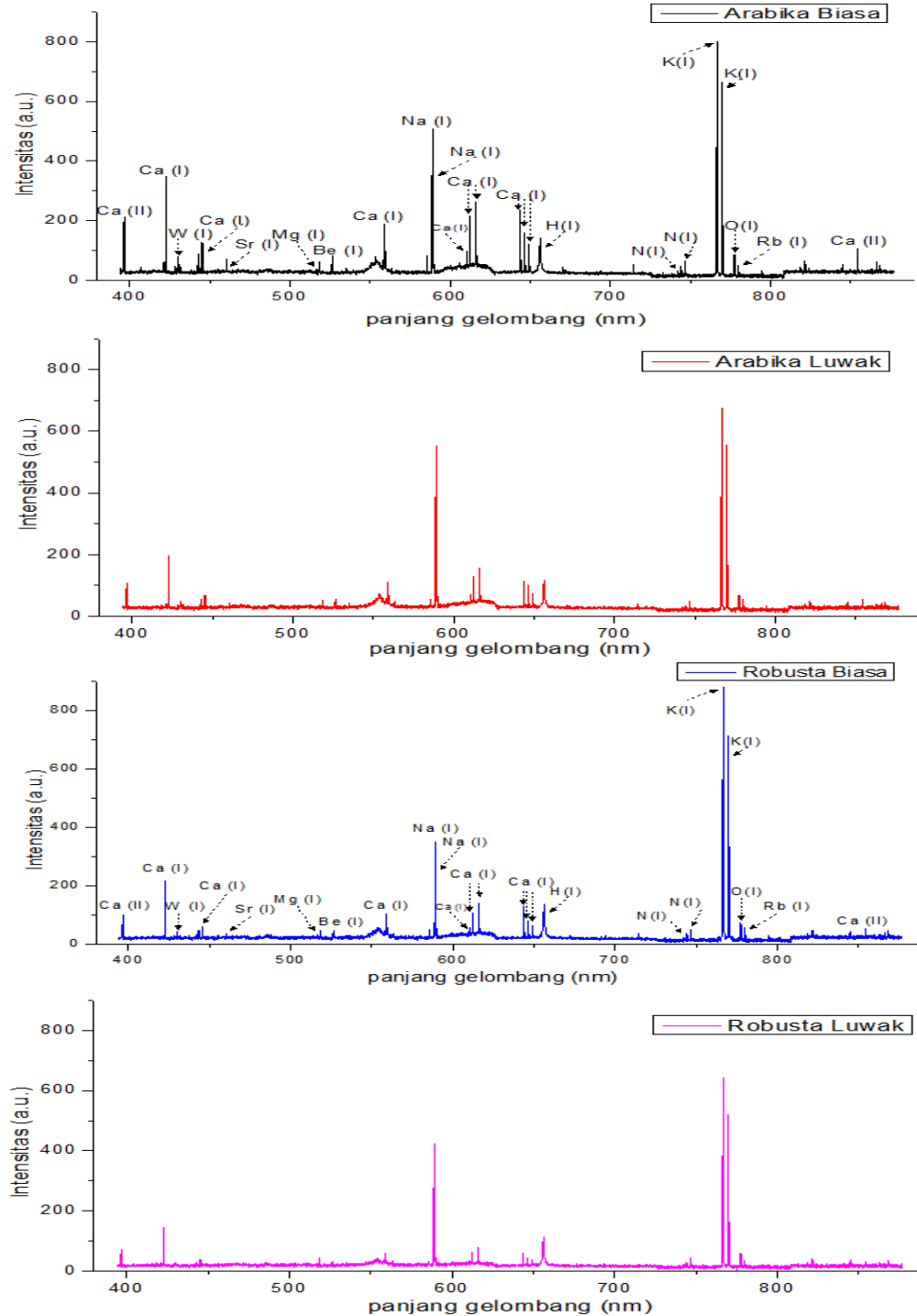
Dari data yang diperoleh kemudian dicari nilai rata-rata, standar deviasi dan relatif standar deviasinya. Luas area di bawah kurva puncak intensitas dengan menggunakan aturan trapezoidal yang terdapat pada perangkat lunak OriginPro 8.5. Metode analisis dilakukan dengan rasio intensitas dan *Discriminant Function Analysis* (DFA) untuk menentukan unsur yang dapat mencirikan biji kopi mentah biasa dan biji kopi mentah luwak.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Spektra Sampel Biji Kopi Mentah Biasa dan Luwak

Spektra hasil pengujian dengan Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) untuk mendeteksi sejumlah unsur dan kadarnya yang terkandung di dalam biji kopi mentah biasa dan biji kopi mentah luwak baik jenis Arabika maupun Robusta seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Secara umum spektra pada Gambar 2 menunjukkan hampir tidak adanya unsur makro tambahan pada biji kopi mentah akibat proses pencernaan oleh luwak. Perbedaan hanya ditunjukkan oleh perbedaan intensitas emisi. Rata-rata intensitas emisi foton pada kopi luwak cenderung lebih rendah yang dapat digunakan sebagai indikasi komposisi atau kadar unsur tersebut lebih rendah.



Gambar 2. Spektra Biji Kopi Mentah Arabika Biasa dan Luwak

Berdasarkan Gambar 2, terdapat beberapa unsur yang terkandung dalam kopi diantaranya Ca (kalsium), W (tungsten), Sr (stronsium), Be (berilium), Mg (magnesium), Na (natrium), H(hidrogen), N (nitrogen), K (kalium), O

(oksigen), dan Rb (rubidium) yang kemudian dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2.  
Unsur-Unsur Utama Terkandung dalam Biji Kopi Mentah

Unsur	Panjang gelombang (nm)	Unsur	Panjang gelombang (nm)
Ca	396.8467	W	430.2110
	422.6727	Sr	460.7330
	443.496	Mg	518.3604
	445.4781	Be	527.0811
	558.8757	Na	588.9950
	612.2219		589.5924
	616.2172	H	656.2725
	643.8470	N	744.2290
	646.2566		746.8310
	649.3780	K	766.4899
Rb	854.2089		769.8964
	866.2140	O	777.1940
	780.027		777.4170
			777.5390

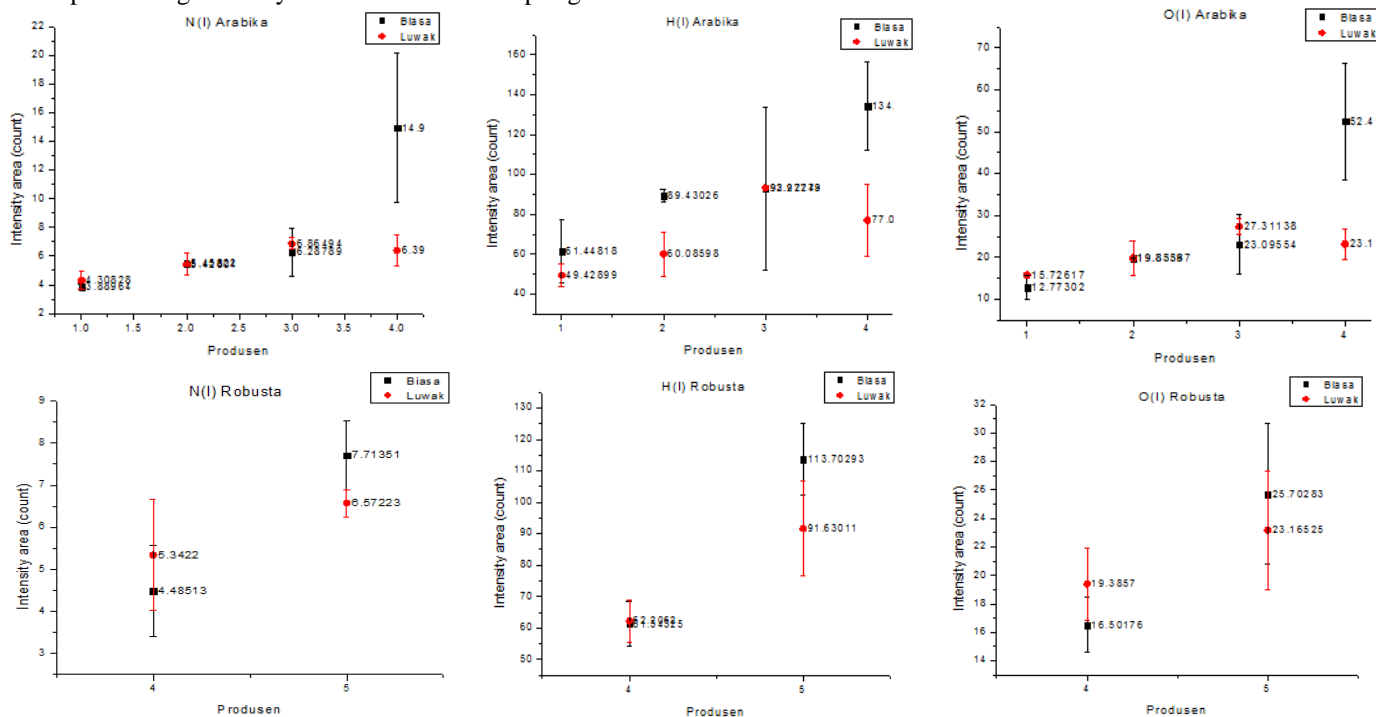
Sejumlah unsur utama yang dikandung dalam biji kopi mentah biasa dan luwak Arabika maupun Robusta berada pada panjang gelombang yang sesuai dengan level-level energi pada masing-masing unsur baik atom netral maupun ion. Unsur-unsur ini di dalam biji kopi berikatan satu sama lain dan membentuk senyawa tertentu yang mencirikan bahan kopi itu sendiri.

Biji kopi termasuk bahan organik sehingga didominasi oleh unsur – unsur C, H, N, dan O (Rai, 2014). Kandungan senyawa kopi sangat kompleks, termasuk di dalamnya kafein, asam, protein, lipid, karbohidrat, dan mineral. Kandungan yang dapat dijadikan penanda (*marker*) antara kopi biasa dan luwak adalah asam sitrat ( $C_6H_8O_7$ ), asam malat ( $C_4H_6O_5$ ), serta perbandingan senyawa inositol dan pirogulutamat.

Penanda tersebut memiliki kadar kandungan yang lebih tinggi pada kopi luwak [15]. Sementara kafein ( $C_8H_{10}N_4O_2$ ) justru memiliki kadar lebih rendah pada kopi luwak dibandingkan kopi biasa [11]. Oleh karena itu, unsur C, H, N, dan O menjadi unsur penting yang dapat digunakan sebagai penciri biji kopi mentah biasa dan luwak. Analisis lebih lanjut akan dilakukan terhadap unsur N, H, dan O. Sedangkan unsur C termasuk unsur yang ringan sehingga sulit dideteksi dengan metode LIBS tanpa perlakuan khusus. Selain sifatnya ringan dan cepat bergerak, unsur C juga mudah berikatan atau terjadi rekombinasi dengan unsur lainnya di udara, seperti N dan O membentuk molekul C–N dan C–O. Untuk itu penciri atau pembeda antara kopi mentah biasa dengan luwak melalui perbandingan kadar ternormalisasi dari unsur-unsur N, H dan O saja. Selain itu penentuan penciri juga dilakukan melalui pengolahan statistik *Discriminant Function Analysis* (DFA).

#### B. Perbandingan Unsur dengan Metode Rasio Intensitas Ternormalisasi

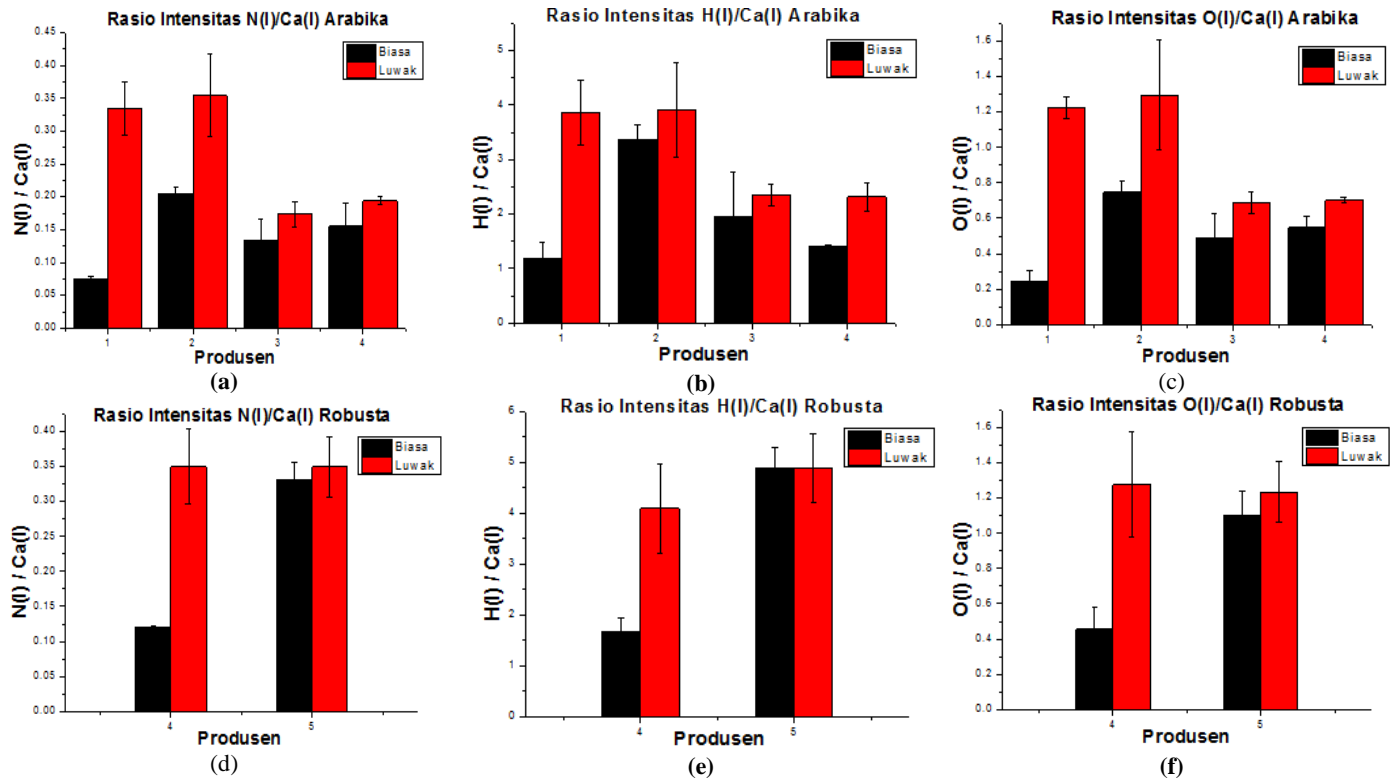
Untuk mencari penciri biji kopi mentah biasa dengan biji kopi mentah luwak dapat dilakukan dengan cara membandingkan intensitas ternormalisasi dari unsur-unsur utama penyusun senyawa pada biji kopi yang terdiri dari unsur-unsur N, H, dan O. Penentuan nilai intensitas atau kadar unsur yang dikandung dalam biji kopi tersebut dilakukan dengan menghitung luas area di bawah kurva pada panjang gelombang yang memiliki puncak (*peak*). Secara umum nilai luas area pada daerah *peak* biji kopi mentah luwak cenderung turun. Namun, unsur – unsur penting N, H, dan O nilai kadarnya berfluktuasi seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai luas area di bawah kurva (count) untuk unsur-unsur N, H, dan O biji kopi mentah biasa dan luwak dari jenis Arabika dan Robusta

Hal ini kemungkinan disebabkan karena unsur-unsur tersebut banyak terdapat di alam bebas dan mudah berinteraksi dengan unsur lain membentuk suatu molekul. Selain itu kopi juga merupakan bahan higroskopis yang mana mudah mengabsorpsi unsur-unsur tersebut dalam molekul air di udara. Sehingga saat dianalisis dengan LIBS, maka nilai kadar unsur-unsur tersebut yang terkandung dalam biji kopi sangat bergantung pada kondisi kelembaban lingkungan saat itu. Ini berarti nilai kadar unsur-unsur tersebut merupakan

penjumlahan dari unsur-unsur impuritas N, H, O dan unsur-unsur senyawa penyusun kopi. Selain dari itu nilai fluktuasi juga kemungkinan dapat disebabkan karena kondisi peralatan eksperimen seperti fluktuasi energi laser ( $< 1\%$ ), kondisi fokus laser dan udara disekitar sampel. Untuk mengatasi hal ini, maka dilakukan normalisasi unsur-unsur tersebut terhadap unsur utama (*host element*) kopi yaitu unsur Kalsium (Ca) yang hasilnya seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Rasio Intensitas terhadap Unsur Utama, (a) N(I)/Ca(I) Arabika, (b) H(I)/Ca(I) Arabika, (c) O(I)/Ca(I) Arabika, (d) N(I)/Ca(I) Robusta, (e) H(I)/Ca(I) Robusta, (f) O(I)/Ca(I) Robusta

Gambar 4 menunjukkan bahwa unsur-unsur N, H, dan O ternormalisasi nilainya tidak berfluktuasi, melainkan untuk biji kopi mentah luwak mempunyai kecenderungan meningkat dibandingkan dengan biji kopi mentah biasa. Perubahan nilai rasio intensitas ternormalisasi ini menunjukkan terjadi perubahan keseimbangan antar unsur penyusun senyawa pada biji kopi luwak. Kopi luwak diklaim memiliki rasa yang lebih enak dan aroma yang lebih harum. Proses enzimatis di dalam perut luwak menyebabkan protein terpecah menjadi asam-asam amino dan mengubah keseimbangan kimia. Perubahan komposisi ini mempengaruhi kadar unsur (N, H dan O) yang terkandung di dalam biji kopi

Hasil rasio intensitas unsur N, H, dan O terhadap Ca menunjukkan adanya sekitar 0.03% hingga 79.93% dari biji kopi mentah luwak terhadap biji kopi mentah biasa baik kopi jenis Arabika maupun Robusta di semua produsen. Range peningkatan yang terlalu lebar ini dapat dianalisis melalui beberapa kemungkinan diantaranya bahwa sampel kopi mentah biasa bukan merupakan sampel kopi mentah yang diproses fermentasi oleh seekor luwak sehingga struktur atau

komposisi senyawa awal sudah berbeda. Khusus produsen 5 yang mempunyai peningkatan kurang signifikan. Hal ini dimungkinkan terjadi karena fermentasi sampel biji kopi mentah luwak kurang sempurna atau proses pengolahan biasa yang dilakukan sudah mampu memodulasi kandungan unsur biji kopi mentah biasa sehingga nilai rasio intensitasnya mendekati nilai rasio intensitas pada biji kopi luwak.

Selain mengandung unsur-unsur N, H, dan O juga terdapat unsur-unsur lain seperti Ca, K, Mg, Na yang merupakan unsur-unsur mayor yang terdapat di lingkungan. Unsur-unsur ini terdapat di tanah dan lingkungan tempat pohon kopi tumbuh sehingga kandungannya berbeda untuk setiap produsen. Sementara itu, unsur – unsur lain seperti W, Sr, Be, dan Rb adalah unsur-unsur minor yang terdapat pada biji kopi.

#### C. Analisis Perbandingan Unsur dengan DFA (Discriminant Function Analysis)

Analisis *Discriminant Function Analysis* (DFA) ini digunakan untuk mencirikan atau memilah apakah kopi tersebut mentah biasa atau kopi mentah luwak bila ditinjau

dari seluruh unsur yang ada pada biji kopi. Sehingga metode ini mampu memilih variabel independen secara nyata yang mempengaruhi dan tidak mempengaruhi variabel dependen. Variabel dependen adalah biji kopi mentah biasa atau luwak sedangkan variabel independen dalam hal ini adalah unsur-

unsur dalam biji kopi hasil pengujian LIBS seperti pada Tabel 1.

Dilakukan pengolahan data luas area unsur dengan SPSS diperoleh data pada Tabel 3 yang merupakan hasil ujian untuk setiap variabel bebas yang ada.

Tabel 3.

## Tests of Equality of Group Means

Unsur	Arabika					Robusta				
	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
Ca	0.626	3.586	1	6	0.107	0.330	4.053	1	2	0.182
W	0.616	3.744	1	6	0.101	0.657	1.042	1	2	0.415
Sr	0.521	5.508	1	6	0.057	0.852	0.348	1	2	0.615
Mg	0.931	0.445	1	6	0.530	0.955	0.095	1	2	0.787
Be	0.843	1.114	1	6	0.332	0.596	1.356	1	2	0.364
Na	0.993	0.040	1	6	0.849	0.997	0.007	1	2	0.942
H	0.760	1.899	1	6	0.217	0.941	0.125	1	2	0.758
N	0.915	0.554	1	6	0.485	0.997	0.007	1	2	0.942
K	0.820	1.314	1	6	0.295	0.704	0.842	1	2	0.456
O	0.942	0.371	1	6	0.565	0.999	0.001	1	2	0.975
Rb	0.869	0.907	1	6	0.378	0.664	1.012	1	2	0.420

Nilai pada kolom Wilk's Lambda mendekati 1 maka data tiap group cenderung sama dan sebaliknya. Hal ini juga dibuktikan dengan nilai test F diperoleh nilai sig. > 0.05 yang artinya hampir tidak ada perbedaan antar group kopi mentah biasa dan luwak. Selanjutnya dicari korelasi antara variabel independen unsur-unsur tersebut dengan fungsi diskriminan yang terbentuk seperti pada Tabel 4.

Tabel 4.

## Canonical Discriminant Function Coefficients

Kandungan	Fungsi	
	Arabika	Robusta
Ca	-0.993	0.317
W	5.030	-0.811
Sr	2.923	
Mg	-0.380	
H	0.017	
constan	0.996	-5.929

Untuk menentukan jenis biji kopi mentah, nilai intensitas atau luas area sembarang sampel dari unsur-unsur pada Tabel 4 maka akan didapatkan suatu nilai tertentu. Jika diperoleh nilai **lebih besar dari nol** maka biji kopi tersebut adalah biji kopi **mentah Biasa** dan sebaliknya.

## IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan, diantaranya :

- Unsur – unsur yang terdeteksi di dalam biji kopi diantaranya Ca, W, Sr, Mg, Na, H, N, K, O, dan Rb. Namun, secara keseluruhan tidak terdapat unsur tambahan pada biji kopi mentah akibat proses pencernaan oleh luwak.
- Hasil normalisasi unsur – unsur N, H, dan O terhadap unsur Ca secara umum nilainya lebih tinggi untuk biji kopi mentah luwak dibandingkan biji kopi mentah biasa.
- Berdasarkan analisis DFA yang membedakan antara Arabika Biasa dengan Luwak adalah unsur-unsur berdasarkan luasan Ca, W, Sr, Mg, H. Sementara yang

membedakan antara robusta Biasa dengan Luwak adalah unsur-unsur berdasarkan luasan Ca dan W.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anabitarte, F., Cobo, A., Higuera, J.M.. "Review Article : Laser-Induced Breakdown Spectroscopy : Fundamental, Applications, and Challenge". ISRN Spectroscopy, Volume 2012, Article ID 285240, 12 pages.
- Cremers, D. A. dan L.J. Radziemski. 2013. "Handbook of Laser-Induced Plasma and Application Second Edition". John Wiley & Sons, Ltd.
- Farah, Adriana. 2012. "Coffee Constituent", <URL: [http://www.ift.org/IFTPressBook\\_Coffee\\_PreviewChapter.pdf](http://www.ift.org/IFTPressBook_Coffee_PreviewChapter.pdf)>.
- Asyah, M., Fuferti, Z., Syakbaniah, and Ratnawulan, "Comparison of Physical Characteristics of Arabica Chivet Coffee beans to the regular ones (in Indonesian)," Pillar of Physics, 2, 68-75 (2013).
- Yusiyanto, Mawardi, S.. "Karakteristik Fisik dan Citarasa Kopi Luwak". Prosiding Simposium Kopi (2010).
- Mahendradatta, M., Zainal, Israyanti, Tawali, A. B., "Comparison of Chemical Characteristics and sensory Value between Luwak Coffee and Original Coffee from Arabica (*Coffea arabica*. L) and Robusta (*Coffea canephora*. L)". Makassar : Hasanuddin University (2013).
- Kim, T. dan Lin, C. (2012). Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.5772/48281>.
- Rai, V.N.. 2014. Laser-Induced Breakdown Spectroscopy : A Versatile Technique of Elemental Analysis and Its Applications, [Online]. Available: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1407/1407.0132.pdf>.
- Lee, L.W., dkk.. "Review : Coffee Fermentation and Flavor – An Intricate and Delicate Relationship". Journal of Food Chemistry 185 (2015) 182–191.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 52/Permentan/OT.140/ 9/2012 Tentang Pedoman Penanganan Pascapanen Kopi.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 37/Permentan/ KB.120/6/2015 Tentang Cara Produksi Kopi Luwak melalui Pemeliharaan Luwak yang Memenuhi Prinsip Kesejahteraan Hewan.
- Photon Mechine : AddLIBS™. 2009. "Laser-Induced Breakdown Spectroscopy Software, User Guide Version 2.2".
- Photon Mechine : Insight™. 2011. "Laser-Induced Breakdown Spectroscopy Software, User Manual Version 1.2".
- Pujol, D. *et.al*. "The Chemical Composition of Exhausted Coffee Waste". Journal of Industrial Crops and Products 50 (2013, July) 423–429.
- Putri, S. P., Jumhawan, U., Fukusaki, E. "Application of GC/MS and GC/FID-based Metabolomics for Authentication of Asian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak)". Shimadzu Journal, Vol.4 (2013).